



① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

② Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

③ EP 1 082 883 B 1

④ DE 699 03 541 T 2

⑤ Int. Cl. 7:  
H 05 K 3/00  
B 23 K 26/06  
B 23 K 26/00

- ⑥ Deutsches Aktenzeichen: 699 03 541.4  
⑦ PCT-Aktenzeichen: PCT/GB99/01694  
⑧ Europäisches Aktenzeichen: 99 955 387.8  
⑨ PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 99/063793  
⑩ PCT-Anmeldetag: 27. 5. 1999  
⑪ Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: 9. 12. 1999  
⑫ Erstveröffentlichung durch das EPA: 14. 3. 2001  
⑬ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 16. 10. 2002  
⑭ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18. 6. 2003

- ⑮ Unionspriorität:  
9811557 29. 05. 1998 GB  
⑯ Patentinhaber:  
Exitech Limited, Long Hanborough, Oxford, GB;  
Excellon Automation Co., Torrance, Calif., US  
⑰ Vertreter:  
WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und  
Rechtsanwälte, 80538 München  
⑱ Benannte Vertragsstaaten:  
AT, CH, DE, ES, FI, FR, GB, IT, LI, SE

- ⑲ Erfinder:  
GOWER, Charles, Malcolm, Long Hanborough,  
Oxford OX8 8LH, GB; RUMSBY, Thomas, Philip,  
Long Hanborough, Oxford OX8 8LH, GB; THOMAS,  
Wyn, Dafydd, Long Hanborough, Oxford OX8 8LH,  
GB

⑳ VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR PERFORIERUNG VON MIKROVIA-LÖCHERN IN VERPACKUNGEN VON ELEKTRISCHEN VERBINDUNGSSTELLEN VON ELEKTRISCHEN SCHALTUNGEN

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 699 03 541 T 2

BEST AVAILABLE COPY

DE 699 03 541 T 2

Diese Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bohren von Microvia-Löchern in elektrischen Verbindungsstellen bzw. Verbindungspackungen und insbesondere auf die Anwendung von geformten Strahlen einer Laserstrahlung darin.

5

Gepulste Laser werden vermehrt verwendet, um Microvia-Löcher mit einem Durchmesser von  $<150\text{ }\mu\text{m}$  in einer großen Vielzahl von elektrischen Schaltungspackungen bzw. Verbindungsstellen zu bohren. Das am häufigsten vorkommende Material, das zur Konstruktion der leitenden Lage in gedruckten Schaltungsplatten (PCBs = printed circuit boards) und gedruckten Leiterplatten (PWBs = printed wiring boards) verwendet wird ist Kupfer. Dielektrisch isolierende Materialien weisen Harze, Epoxydharze, Phenolharze, Polymide und Polytetrafluorethylen auf, die manchmal eingebettete Fasern aus Aramid, Glas, Siliziumoxid oder Kohlenstoff enthalten, um eine zusätzliche Verstärkungsfestigkeit vorzusehen.

10  
15

Für die Zwecke dieser Erfindung wird ein umgeformter Strahl aus Laserstrahlung so definiert, dass er eine räumliche Intensitätsverteilung in einer Ebene senkrecht zu seiner Laufrichtung von ähnlicher Form, jedoch nicht ähnlicher Größe hat, wie jener, der direkt von der Laser-Strahlungsquelle erzeugt wird. Normalerweise beziehen sich ungeformte Strahle auf die volle Gauss-Verteilung oder eine durch eine Apertur bzw. Blende abgeschnittene Version der Gauss-Verteilungen, wie sie erzeugt werden, wenn Laser in ihrem TEM<sub>00</sub>-Transversalmodus niedrigster Ordnung arbeiten. Ein geformter Strahl wird so definiert, dass er eine räumliche Intensitätsverteilung besitzt, die aus dem ungeformten Strahl beliebig neu verteilt wurde, beispielsweise durch die Anwendung von optischen Elementen.

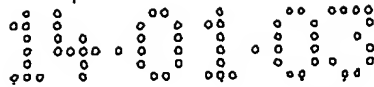
20  
25

Heutige laserbasierte Werkzeuge, die ausgelegt sind, um Microvia-Löcher sowohl in Metall als auch in dielektrischen Lagen von Schaltungsplatten zu bohren, weisen Neodym-(Nd-)Laser auf, die bei Grundwellenlängen oder harmonischen Wellenlängen von  $1,06\text{ }\mu\text{m}$ ,  $355\text{ nm}$  oder  $266\text{ nm}$  arbeiten,

30

und zwar mit einer ungeformten räumlichen Intensitätsverteilung nahe der  
Gausschen Verteilung. Wie in Figur 1 veranschaulicht, werden Microvia-  
Löcher bzw. Microvias entweder in einem Stanz-Modus (Figur 1(a)) gebohrt,  
wobei der Brennpunkt des Laserstrahls zwei den Durchmesser des gebohr-  
ten Loches 1 bestimmt, oder in einem Trepanning-Modus bzw. Führungs-  
bohrungsmodus (Figur 1(b)), wodurch der Brennpunkt 2 kleiner gemacht  
wird als das Loch 1 und dann in einer kreisförmigen, elliptischen oder spiral-  
förmigen Bewegung bewegt wird, die den Durchmesser des Loches 1 defi-  
niert. Das Trepanning- bzw. Führungsbohrungsverfahren wird bevorzugt,  
weil der Lochdurchmesser programmiert werden kann, so dass er unter-  
schiedliche Größen auf einer einzigen Platte bzw. Leiterplatte hat. Es tendie-  
ren ebenfalls die führungsgebohrten Löcher dazu, eine Kante mit besserer  
Qualität zu erzeugen als die gestanzten bzw. durch Stanzbohrung erzeugten.  
Um die Microvia-Position, den Durchmesser und die Führungsbohrungsbe-  
wegung (Trepanning-Bewegung) zu definieren, setzen solche Werkzeuge  
computergesteuerte Galvanometer-Spiegel mit beweglichem Magnet ein, um  
mit hoher Geschwindigkeit und Genauigkeit den fokussierten Laserstrahl auf  
einem Unterfeld der Platte zu positionieren. Größere gebohrte Flächen wer-  
den erhalten, wenn man diese Führungsunterfelder zusammen mit präzisen  
motorisierten Tischen verbindet, die die Platte unter dem Strahl positionie-  
ren. Gegenwärtig gibt es großes kommerzielles Interesse daran, Wege zu  
suchen, die Leistung von solchen Microvia-Bohrwerkzeugen zu verbessern,  
und zwar dahingehend, dass ihre Geschwindigkeit, Produktivität und die  
Qualität des Loches verbessert werden, welches sie erzeugen. Ein detaillier-  
teres Verständnis der Leistungseinschränkungen von existierenden Microvia-  
Laser-Bohrwerkzeugen ist erforderlich, bevor man den Inhalt dieser Erfin-  
dung vorstellt.

Wenn der Bohrvorgang mit der gleichen Tiefe pro Impuls voranschreitet, wird  
ein führungsgebohrtes Loch mindestens  $2\pi(R-1)$  mehr Impulse zum Bohren  
erfordern als ein gestanztes bzw. durchstoßgebohrtes, wobei R ein Verhält-  
nis des gebohrten Loches zu dem Durchmesser des Laser-Brennpunktes ist.  
Hierbei sind mit einem Laser, der unter ähnlichen Bedingungen arbeitet, die



- Bohrgeschwindigkeiten im Allgemeinen viel langsamer für führungsgebohrte Löcher. Um diese langsamere Geschwindigkeit zu kompensieren, werden im allgemeinen Laser verwendet, die bei sehr hohen Impulswiederholungsraten ( $> 2 \text{ kHz}$ ) arbeiten, um in der kürzest möglichen Zeit die vielen zusätzlichen
- 5 Impulse zu liefern, die für die Bohrung von führungsgebohrten Löchern erforderlich sind. Die Geschwindigkeiten werden dann durch die maximale durchschnittliche Leistung begrenzt, die bei so hohen Raten durch die Laserquelle geliefert werden kann. In dem Bereich des ultravioletten Spektrums sind die durchschnittlichen Leistungen von CW-gepumpten, Q-geschalteten
- 10 Nd-Lasern, die bei Impulswiederholungsraten von mehreren Kilohertz arbeiten, auf wenige Watt eingeschränkt. Abhängig von der Materialart und der Dicke, dem Lochdurchmesser und der Teilung sind die maximalen Geschwindigkeiten zum Bohren von führungsgebohrten Löchern sowohl in Metall als auch in dielektrischen Lagen bei üblichen (Leiter-
- 15 )Plattenkonstruktionen gegenwärtig auf weniger als 100 Löcher pro Sekunde eingeschränkt.

- US 5 362 904 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Materialbearbeitung, welches das Bohren von Microvia-Löchern in elektrischen Pak-
- 20 kungen mit einschließt. Die Vorrichtung weist eine Laser-Strahlungsquelle auf, die einen Strahl für Laserstrahlung und Strahlformungselemente aufweist, die eine Plattenanordnung mit Fresnel-Zone aufweist, die dahingehend wirkt, die räumliche Intensitätsverteilung des Strahls zu formen.

- 25 WO 98/22252 offenbart eine Anzahl von Verfahren und Vorrichtungen zum Laser-Bohren von Durchgangslöchern in gedruckten Leiterplatten (PWBs). Diese Erfindung ist hauptsächlich darauf gerichtet, die gedruckten Leiterplatten mit Bezug auf die Laserstrahlung zu positionieren.

- 30 Gemäss eines ersten Aspektes der vorliegenden Erfindung ist ein Laser-Bohrwerkzeug zum Bohren von Microvia-Löchern in elektrischen Verbindungspackungen vorgesehen, die eine Laser-Strahlungsquelle aufweisen, die einen Strahl der Laserstrahlung aussendet, und Strahlformungselemen-

te, die dahingehend wirken, dass sie die räumliche Intensitätsverteilung des Strahls formen, wobei die Intensitätsverteilung des Strahls so geformt wird, dass sie ringförmig ist.

- 5 Die Anwendung der Strahlformungselemente verbessert die Geschwindigkeit und Produktivität der Werkzeuge, die verwendet werden, um Microvia-Löcher in gedruckten Schaltungsplatten, gedruckten Leiterplatten und anderen elektrischen Verbindungspackungen zu bohren. In geeigneter Weise ausgelegte Strahlformungselemente gestatten, dass effektivere Anwendung  
10 der verfügbaren Laserleistung zum Bohren von qualitativ hochwertigen Löchern gemacht wird.

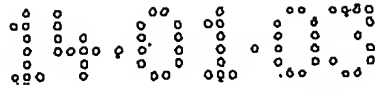
- Die Strahlformungselemente können optische Elemente sein. Die Strahlformungselemente können extrinsisch bzw. außerhalb angeordnet bezüglich  
15 der Laserquelle sein, oder können intrinsisch bzw. innerhalb der Laserquelle angeordnet sein.

- Optische Komponenten, wie beispielsweise sphärisch aberrante und asphärische Linsen, Spiegel mit vielen Facetten, segmentierte Linsenanordnungen,  
20 Phasen- und Zonenplatten, Axicon-Anordnungen, kineforme Anordnungen, brechende und holographische optische Elemente (DOEs und HOEs) können verwendet werden, um die räumliche Intensitätsverteilung des Strahls zu formen.

- 25 Die Strahlformungselemente können dahingehend wirken, dass sie den Strahl aus Laserstrahlung formen, um eine ringförmige Anordnung von kleineren Strahlen bzw. Strahlteilen zu formen.

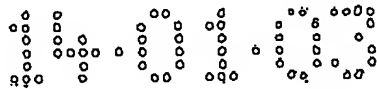
- Die ringförmige Intensitätsverteilung kann einen Ring mit einer Breite von  
30 weniger oder gleich 10% des Durchmessers der Verteilung haben.

Wie in Figur 1(c) gezeigt ist die einfachste Strahlform, die verwendet werden kann, um die Lochbohrgeschwindigkeiten zu verbessern, eine, die eine



ringförmige Intensitätsverteilung 2 hat. Analog zu einem "Plätzchenausstecher" oder einer "Lochsäge", die nur um einen Umfang herum schneidet, schneidet ebenfalls ein ringförmiger Strahl ohne Energie zu der vollen Fläche des Loches 1 zu liefern, das gebohrt wird. Weil daher der Laser so viel weniger Material aus dem Loch entfernen muss, können die Bohrgeschwindigkeiten stark verbessert werden, oder Laser, die viel kleinere Impulsenergien liefern, können verwendet werden, um ähnliche Schneidgeschwindigkeiten für durchstoßgebohrte Löcher bzw. stanzgebohrte Löcher zu erreichen. Da auf der anderen Seite weniger Impulse für das Bohren mit geformtem Strahl erforderlich sind, können Quellen mit geringeren Impulswiederholungsraten verwendet werden als bei der Führungsbohrung. Wenn die Formgebung ohne Energieverlust ausgeführt wird, bietet das Verhältnis des vollen Loches zur Fläche des geformten Strahls auf dem Werkstück eine Abschätzung der Vergrößerung der Bohrgeschwindigkeit oder der Verringerung der Laserleistung, die erreicht werden kann. Diese Erfindung gestattet die Anwendung von Laserquellen mit niedrigerer Wiederholungsrate, ohne die Geschwindigkeit des Bohrens von Microvia-Löchern von unterschiedlicher Größe auf einer einzigen Platte nachteilig zu beeinflussen. Durch Vorsehen von effizienten Strahlformungselementen, die Profile mit optimierter Intensität liefern, bei Werkzeugen, die zum Laserbohren von Microvia-Löchern verwendet werden, kann die maximale Bohrgeschwindigkeit mehrere Male schneller gemacht werden, als wenn man mit ungeformten Strahlen bohrt.

Eine weitere Einschränkung von heutigen Laser-Bohrmaschinen ist die Schwierigkeit, in manchen Materialien sauber geschnittene Microvia-Löcher zu erzeugen, die eine adäquate Qualität für einen darauffolgenden Metallplattierungsprozess haben. Nach der Montage können Plattierungsfehler abwärts in den Microvia-Löchern zu einem Mangel an elektrischer Kontinuität von der leitenden Lage darüber zu der darunter führen. Es ist bekannt, dass wenn man Material mit gepulsten Lasern mit Gauss-artigen Intensitätsverteilungen bohrt oder schneidet, die sich räumlich langsam zu einer Intensität von Null verjüngen, die Definition des Loches oder Schnittes schlecht sein kann. Die Strahlformungselemente können dahingehend wirken, dass sie



den Strahl der Laserstrahlung so formen, dass er eine Intensitätsverteilung aufweist, die sich auf eine Intensität von Null viel schneller als eine Gauss-artige Intensitätsverteilung verjüngt. Durch Vorsehen von Strahlformungselementen zur Erzeugung von Profilen mit optimierter Intensität können die

5 Kantendefinitionen der von den Microvia-Laser-Bohrwerkzeugen erzeugten Löcher im Vergleich zu jenen, die durch das Bohren mit ungeformten Strahlen erzeugt werden, überlegen gemacht werden können.

Wichtig für den Erfolg der Bohrung mit geformten Strahlen ist die Möglichkeit, mit minimalem Energieverlust die Ausgangsintensitätsverteilung der Laserstrahlungsquelle in die erforderliche Verteilung umzuwandeln. Die

10 Strahlformungselemente wirken vorzugsweise dahingehend, dass sie die Ausgangsintensitätsverteilung der Laserstrahlungsquelle in die erforderliche Intensitätsverteilung mit einem Energieumwandlungswirkungsgrad von mehr

15 als 50% umwandeln. Die Strahlformungselemente, die zum Erreichen dieses Energieumwandlungswirkungsgrades verwendet werden, können konische (axsicon-)sphärische Linsenkombinationen und/oder brechende optische Elemente sein. Obwohl eine solche Umwandlung nur in einer speziellen Ebene anstatt in einem kollimierten Strahl erreicht wird, kann das Bohren mit

20 geformten Laserstrahlen durch Fokussieren oder Abbildung auf der Packungsoberfläche mit einer geeigneten Verkleinerungslinse erreicht werden. Die Strahlformungselemente können eine F-theta-Linse aufweisen, um einen Brennpunkt mit einer geformten Intensitätsverteilung auf der Oberfläche der Packung zu erzeugen.

25 Die F-theta-Linse kann eine Brennweite von 100 mm haben. F-theta-Linsen werden normalerweise in Kombination mit Galvanometer-Strahlführungsspiegeln verwendet, um einen ungeformten fokussierten Strahl mit einem senkrechten Einfall über eine große Fläche einer Packung

30 zu liefern. Die F-theta-Linse des Laser-Bohrwerkzeuges kann verwendet werden, um einen Brennpunkt über eine ähnlich große Fläche der Packung zu erzeugen.

Das Laser-Bohrwerkzeug kann einen Satz von Strahlformungselementen aufweisen, die mit je in einem einzigen Element der Maskenbauart vorgesehen sind. Das Maskenelement wird vorzugsweise verwendet, um Löcher mit unterschiedlichen Durchmessern in einer Packung zu bohren. Das Mas-

5 kenelement kann eine Durchlassmaskenplatte mit 4 inch im Quadrat (10,16 cm) aus geschmolzenem bzw. gebackenem Siliziumoxid aufweisen, die zwölf oder mehr brechende optische Elemente enthält, die jeweils in der gleichen Ebene einen ringförmigen Strahl mit einem anderen Durchmesser erzeugen. Die seitliche Position des Maskenelementes in dem Strahl der

10 Laserstrahlung kann computergesteuert sein, beispielsweise kann die Position CNC-gesteuert sein, und zwar unter Verwendung von motorisierten z-y-Stufen.

Die Laserstrahlungsquelle kann in einem räumlichen Transversal-Modus hoher Ordnung arbeiten. Die Laserstrahlungsquelle weist einen Q-geschalteten

15 TEM<sub>00</sub>-Modus-Neodym-Laser auf. Dieser kann bei der Grundwellenlänge bzw. einer harmonischen Wellenlänge zweiter oder dritter Ordnung von 1,06 µm bzw. 533 nm oder 355 nm arbeiten. Dies kann eine Durchschnittsleistung von mehreren Watt bei Impulswiederholungsfrequenzen bis zu 20 kHz erzeugen.

20

Gemäss eines zweiten Aspektes der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren vorgesehen, um Microvia-Löcher in elektrischen Verbindungspackungen unter Verwendung eines Laser-Bohrwerkzeuges gemäss des ersten Aspek-

25 tes der Erfindung zu bohren.

Das Verfahren kann das Bohren von Microvia-Löchern unter Verwendung eines Durchstoßbohrverfahrens oder eines Trepanning- bzw. Führungsbohr-

30 verfahrens aufweisen. Das Verfahren kann das Bohren von Microvia-Löchern aufweisen, die kreisförmig sind, oder nicht kreisförmig sind, sondern beispielsweise elliptisch, rechteckig oder quadratisch.



Ein Strahl, der geformt ist, um eine ringförmige Anordnung von kleineren Strahlteilen zu bilden, kann sich als besser geeignet für das Bohren von Microvia-Löchern erweisen, und wird somit von der Erfindung mit eingeschlossen. Es ist die Erfindung auch nicht spezifisch für das verwendete

5 Verfahren, um den Strahl zu formen. Die Erfindung umfasst die Anwendung von Strahlformungselementen, die zu Zwecken der Verbesserung der Leistung von Microvia-Laser-Bohrwerkzeugen ausgelegt sind, und die sowohl extrinsisch als auch intrinsisch bzw. außerhalb bzw. innerhalb der Laserquelle gelegen sein können. Beispielsweise wird eine vorgesehene Laserstrahlungsquelle, die insbesondere ausgelegt ist, um bei einem räumlichen

10 Transversal-Modus höherer Ordnung zu arbeiten, für die Zwecke der Verbesserung der Leistung des Microvia-Bohrwerkzeuges mit eingeschlossen. Die Erfindung ist nicht auf das Vorsehen einer Strahlformung nur zur Anwendung bei einem Microvia-Loch-Bohrverfahren eingeschränkt, und umfasst somit die Anwendung von geformten Strahlen für die Verbesserung der

15 Bohrleistung von Microvia-Laser-Bohrwerkzeugen, die sowohl das Durchstossbohrverfahren als auch das Trepanning- bzw. Führungsbohrverfahren verwenden. Weiterhin ist sie nicht auf das Bohren von einer speziellen Lochform eingeschränkt und umfasst somit die Anwendung von geformten

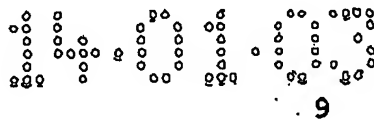
20 Strahlen zur Verbesserung der Leistung von Werkzeugen, die ausgelegt sind, um mit einem Laser nicht kreisförmige (beispielsweise elliptische, rechteckige, quadratische usw.) Microvia-Löcher zu bohren.

Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nun nur beispielhaft

25 beschrieben, und zwar mit Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen, in denen die Figuren folgendes darstellen:

Figur 1 (a), (b) und (c) zeigen Microvia-Löcher, die in einem Stanz- bzw. Durchstoßbohrverfahren, einem Trepanning- bzw. Führungsbohrverfahren

30 und unter Verwendung eines ringförmigen Strahls gebohrt wurden, und Figur 2 zeigt ein Laserbohrwerkzeug gemäss des ersten Aspektes der Erfindung.



- Figur 2 zeigt ein Laser-Bohrwerkzeug, welches ein brechendes bzw. diffrak-  
tives optisches Element 5 aufweist, welches ausgelegt ist, um einen Strahl  
aus Laserstrahlung mit einer ringförmigen Verteilung einer Intensität zu er-  
zeugen, die innerhalb des Rings eine gleichförmige konstante Intensität hat.
- 5 Die Breite des Ringes kann typischerweise  $\leq 10\%$  seines Durchmessers sein.  
Der umgeformte Strahl von einem Q-geschalteten TEM<sub>00</sub>-Modus-Nd-Laser  
3, der bei seiner Grundwellenlänge, seiner zweiten oder dritten harmoni-  
schen Wellenlänge von 1,08  $\mu\text{m}$ , 533 nm, 355 nm arbeitet und eine Durch-  
schnittsleistung von mehreren Watt bei Impulswiederholungsfrequenzen von  
10 bis zu 20 kHz erzeugt, wird als die Strahlungsquelle verwendet. Computer-  
gesteuerte Galvanometerführungsspiegel 6 werden verwendet, um den  
Strahl mit Geschwindigkeiten von bis zu 30 m, pro Sekunde über ein Unter-  
feld von 50x50 mm auf der gebohrten Platte 8 zu positionieren. Vollständige  
Platten bis zu einer Größe von 650x850 mm werden durch Bewegung der  
15 Platte mit CNC-gesteuerten motorisierten Tischen 9 unter dem Strahl ge-  
bohrt, und durch Bohrung von jedem Unterfeld mit dem geführten Strahl.  
Das brechende optische Element 5, welches den ringförmigen Strahl er-  
zeugt, kann durch Ätzen eines geschmolzenen Siliziumoxidsubstrates mit  
den Brechungsstrukturen bzw. Diffraktionsstrukturen hergestellt werden, die  
20 durch lithographische Verfahren definiert werden. Die Größe des brechen-  
den optischen Elementes muss nur geringfügig größer sein als der Strahl,  
nachdem er durch das den Strahl expandierende Teleskop 4 gelaufen ist,  
beispielsweise zwischen 10 und 18 mm Durchmesser. Um Löcher mit unter-  
schiedlichem Durchmesser auf der gedruckten Schaltungsplatte vorzusehen,  
25 kann eine Transmissionsmaskenplatte aus geschmolzenem Siliziumoxid mit  
4 inch im Quadrat (10,16 cm im Quadrat) hergestellt werden, die zwölf oder  
mehr brechende optische Elemente enthält, so dass jedes in der gleichen  
Ebene einen ringförmigen Strahl mit einem anderen Durchmesser erzeugt,  
der passt, um den Bereich von Lochgrößen abzudecken, die gebohrt werden  
30 müssen. Die seitliche Positionierung der Maske mit brechenden optischen  
Elementen in dem Strahl und die Lochgrößenauswahl kann CNC-gesteuert  
sein, und zwar unter Verwendung von motorisierten z-y-Stufen 10. Eine f-

- theta-Führungslinse 7, typischerweise mit einer Brennweite von 100 mm, wird verwendet, um auf der Oberfläche der Platte 8 einen Brennpunkt mit einer räumlichen Intensitätsverteilung zu erzeugen, die von dem brechenden optischen Element 5 erzeugt wird. Abhängig von der Materialart und Dicke, dem Lochdurchmesser und der Teilung kann ein solches Werkzeug Micro-
- 5 via-Löcher mit Raten bohren, die 200 Löcher pro Sekunde in gedruckten Schaltungsplatten und gedruckten Leiterplatten von üblicher Konstruktion überschreitet. Dies stellt ungefähr eine vierfache Verbesserung der Bohrge-
- 10 schwindigkeit im Vergleich zu einer ähnlichen Lasermaschine dar, die keine Strahlformungselemente aufweist. Durch Auslegen der brechenden optischen Elemente zur Erzeugung der nahezu gleichförmigen Intensität innerhalb des beleuchteten Rings bietet die scharfe Außenkante der Verteilung eine Wanddefinition des Loches, die der überlegen ist, die erzeugt wird, wenn man mit ungeformten Verteilungen bohrt.

15

18247

Ansprüche

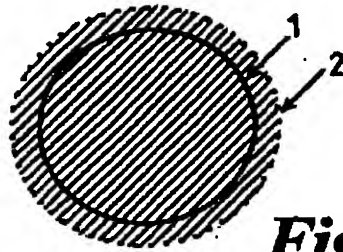
1. Laser-Bohrwerkzeug zum Bohren von Microvia-Löchern in elektri-  
5 schen Verbindungsstellen oder Verbindungspackungen (8), wobei  
Folgendes vorgesehen ist:  
eine Laserstrahlungsquelle (3), die einen Strahl von Laserstrahlung  
aussendet und Strahlformungselemente (5, 7), die bewirken, dass die  
räumliche Intensitätsverteilung des Strahls geformt wird, dadurch ge-  
10 kennzeichnet, dass die Intensitätsverteilung des Strahls ringförmig  
geformt wird.
2. Laser-Bohrwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Strahlformungselemente (5, 7) optische Elemente sind.  
15
3. Laser-Bohrwerkzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeich-  
net, dass die Strahlformungselemente (5, 7) extrinsisch, d. h. außer-  
halb der Laserquelle angeordnet sind.
- 20 4. Laser-Bohrwerkzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeich-  
net, dass die Strahlformungselemente (5, 7) intrinsisch, d. h. innerhalb  
der Laserquelle, vorgesehen sind.
5. Laser-Bohrwerkzeug nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch  
25 gekennzeichnet, dass die Laserformungselemente (5, 7) die Formung  
des Strahls von Laserstrahlung zur Bildung einer ringförmigen Anord-  
nung von kleineren Strahlen bewirken.
6. Laser-Bohrwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
30 die ringförmige Intensitätsverteilung einen Ring aufweist, und zwar mit  
einer Breite, die kleiner ist als oder gleich 10% des Durchmessers der  
Verteilung.

7. Laser-Bohrwerkzeug nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlformungselemente (5, 7) bewirken, die Ausgangsintensitätsverteilung der Laserstrahlungsquelle (3) auf die erforderliche Intensitätsverteilung mit einem Energieumwandlungswirkungsgrad von mehr als 50% umzuwandeln.
8. Laser-Bohrwerkzeug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlformungselemente (5, 7) konische (axicon-)sphärische Linsenkombinationen sind, und/oder brechende optische Elemente.
9. Laser-Bohrwerkzeug nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlformungselemente (5, 7) eine kleine f-theta Linse (7) aufweisen, um einen Brennpunkt zu erzeugen mit einer geformten Intensitätsverteilung auf der Oberfläche der Packung (8).
10. Laser-Bohrwerkzeug nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die f-theta Linse (7) eine Brennweite von 100 mm besitzt.
11. Laser-Bohrwerkzeug nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug einen Satz von Strahlformungselementen aufweist, und zwar eingebaut in ein Element der Einzelmaskenbauart.
12. Laser-Bohrwerkzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Element der Maskenbauart verwendet wird, um Löcher von unterschiedlichen Durchmesser in einer Packung zu bohren.
13. Laser-Bohrwerkzeug nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Element der Maskenbauart eine 4 inch (10,16 cm) Maskenplatte aus geschmolzenem Silizium-Dioxyd, die durchlässig ist, aufweist, und zwar zwölf oder mehr brechende optische Elemente enthaltend, wobei jedes an der gleichen Ebene einen ringförmigen Strahl mit einem unterschiedlichen Durchmesser erzeugt.

- 5
14. Laser-Bohrwerkzeug nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Elements der Maskenbauart in dem Laserstrahl computergesteuert ist.
- 10
15. Laser-Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlungsquelle (3) in einem transversalen Raummodus oder einer räumlichen Transversalbetriebsart einer hohen Ordnung arbeitet.
- 15
16. Laser-Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlungsquelle (3) ein Q-geschalteter TEM<sub>00</sub>-Modus-Neodym-Laser ist oder diesen aufweist.
- 20
17. Verfahren zum Bohren von Microvia-Löchern in elektrischen Verbindungspackungen, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ein Laser-Bohrwerkzeug gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16 aufweist.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Stanz-Bohrverfahren verwendet wird.
19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trepanning- bzw. Führungsbohrungsbetriebsart verwendet wird.
- 25
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass kreisförmige Microvia-Löcher gebohrt werden.
- 30
21. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass nicht kreisförmige Microvia-Löcher gebohrt werden, beispielsweise elliptische, rechteckige oder quadratische Microvia-Löcher.

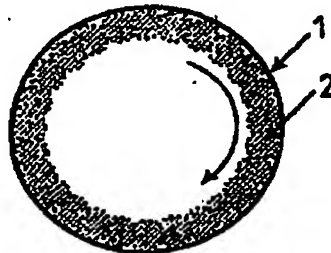
1/2

Durchstossgebohrtes Loch



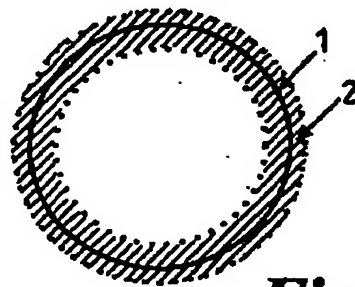
**Fig. 1(a)**

Führungsgebohrtes Loch (Trepanning-Loch)



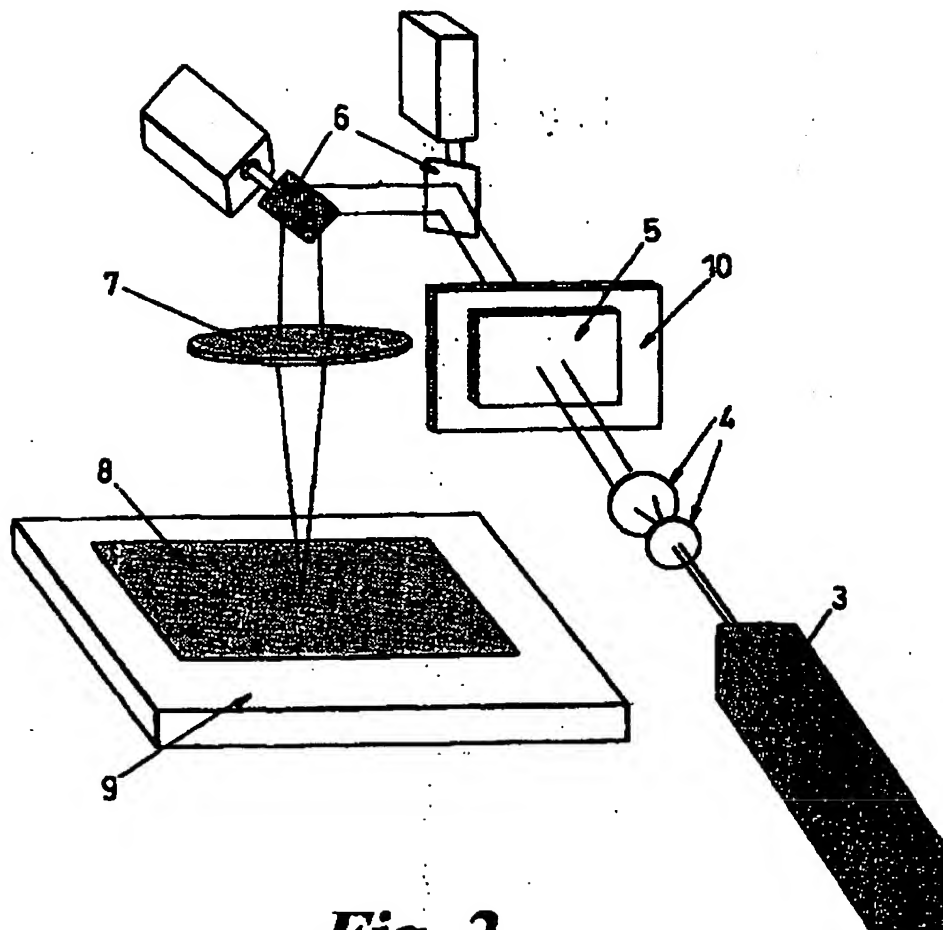
**Fig. 1(b)**

Bohrung mit kreisförmigem Ringstrahl



**Fig. 1(c)**

2/2

**Fig. 2**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**